

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

In a single crystal manufacturing installation which manufactures a single crystal of a semiconductor by pulling up gradually after carrying out melting of the semiconductor material within a crucible and making a seed crystal immersed into this melting liquid,

A single crystal manufacturing installation which it has the following, and said cooling body consists of high-heat-conductivity material, and is characterized by coming to carry out explosive-bonding junction of the joined part of said cooling body and a liquid cooling structure.

A cooling body which cools a single crystal which grows.

A liquid cooling structure joined to this cooling body.

[Claim 2]

The single crystal manufacturing installation according to claim 1 having arranged said cooling body at a position which makes approximately rotational symmetry shape to a medial axis of a single crystal which grows, and intercepts radiant heat from a crucible or melting liquid to a single crystal, and having joined it to said liquid cooling structure in an upper bed part of a cooling body.

[Claim 3]

The single crystal manufacturing installation according to claim 1 or 2, wherein a part or all of said cooling body is silver or a product made from a silver alloy.

[Claim 4]

The single crystal manufacturing installation according to any one of claims 1 to 3 having a thermal shield on a periphery of said cooling body.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the single crystal manufacturing installation which grows a silicon single crystal especially with the Czochralski method about the single crystal manufacturing installation which manufactures the single crystal of a semiconductor.

[0002]

[Description of the Prior Art]

In the field of semiconductor manufacture, the Czochralski method (CZ process) is generally used as a manufacturing method of a silicon single crystal from the former. In a CZ process, it can pull up gradually, carrying out melting of the semiconductor material within a crucible by heater heating into a chamber, making a seed crystal immersed into this melting liquid, and growing up a single crystal with a seed crystal as the starting point, and the single crystal of a semiconductor can be manufactured by this.

[0003]

In the single crystal manufacturing installation by a CZ process, it has a chamber which consists of a heating chamber in which the structure for semiconductor melting is mainly accommodated, and a raising chamber which stores the single crystal which can be pulled up. In the heating chamber, the heating heater arranged so that a lateral portion may be surrounded to the Lord of a crucible and this crucible is formed. The semiconductor material by which melting is carried out with a heating heater is accommodated in a crucible. It is connected to a drive via the axis of rotation, and this crucible rotates at the rate of predetermined with this drive during crystal raising. Usually, the crucible comprises a crucible made from black lead which protects this with a quartz crucible.

[0004]

On the other hand, the raising chamber comprises a middle chamber which plugs up the opening of a heating chamber, and a raising chamber which is located in the center section of this middle chamber, and mainly accommodates the single crystal under growth. In a raising chamber, the raising wire which inserted in the top wall and hung is provided, and the zipper holding a seed crystal is provided in the lower end of this raising wire. The upper bed side of this raising wire is wound around a wire loop wheel machine about.

The single crystal under growth is pulled up at the rate of predetermined.

Although thermal insulation is provided in the surroundings of the heating heater, this is to prevent the heat from a heating heater from escaping to the exterior of a heating chamber.

[0005]

Although argon gas is introduced from the gas inlet formed in the raising chamber in a chamber, this argon gas passes along the inside of a seat part from a gas inlet, flows in a heating chamber further, and is discharged from gas exhaust.

[0006]

In the silicon single crystal for semiconductor manufacture grown up by a CZ process, the method of lessening a rearrangement, various kinds of crystal defects, etc. as much as possible, and manufacturing a silicon single crystal at lower cost is called for. If the single crystal under raising is cooled quickly, it is known that growth of the core of the crystal defect currently called OSF and COP can be controlled, the rate of crystal growth will be increased simultaneously, and the

productivity of single crystal manufacture can be improved.

[0007]

For example, it is the upper part of a crucible and the composition which allocates the radiation screen which consists of a taper part of the conical trapezoid which boiled therefore, whose diameter was reduced which goes caudad from the around flat tubular rim and its inner side end edge of a raising region of a single crystal is indicated by the patent documents 1. The radiant heat from a crucible, a heating heater, melt, etc. is intercepted with this radiation screen, and the temperature gradient in the raising direction of a single crystal is raised.

[0008]

Secondary radiant heat is emitted towards a single crystal, and the above-mentioned invention given in the patent documents 1 is not enough as the chilling effect of the single crystal itself, as a result of an elevated temperature's heating the radiation screen itself. It is formed with metal, melting degradation is carried out the SiC gas emitted from melt, or for an elevated temperature, and the radiation screen itself is short-life. Then, in the patent documents 2, the invention possessing the metal shielding members which attached the cooling method, and the shielding member made from black lead allocated by the periphery of these metal shielding members by separating an interval between this is indicated. The heat from the radiation heat source of a crucible, a heating heater, etc. is intercepted by the shielding member made from black lead, and the metal shielding members attached in the cooling water pipe, Or a single crystal and the metal shielding members which counter suppose that metal shielding members are not heated by the elevated temperature, therefore it does not act as a radiation heat source over a single crystal, as a result of carrying out forced cooling.

[0009]

In an invention given in the patent documents 2, the cooling water pipe attached to metal shielding members will approach to near the surface of melting liquid, and the danger in a safety aspect increases. That is, when the control device of movement of a crucible breaks down, some cooling water pipes will be immersed in melting liquid, as a result, a refrigerant will leak out, and it will mix in hot melting liquid. The upper part which is equipped with the thermal insulation member which covers the single crystal which grows in the patent documents 3, and the cooling method which cools the single crystal which grows and to which a cooling method changes from the duct system which circulates a liquid refrigerant, The device which comprises two portions with the lower part constituted as a cooling body which has high heat conductivity is indicated. Since the duct system which circulates a liquid refrigerant is arranged at the position which cannot touch melting liquid when it goes up to the maximum height which the crucible filled up with melting liquid may reach, it can be used as the impossible safe device of a liquid refrigerant contacting melting liquid. A duct system and the cooling body can constitute one functional unit which is held to a single crystal at the same axle, and encloses it, and can perform effective cooling of a single crystal which grows.

[0010]

It is necessary to form the cooling body in a device given in the patent documents 3 from material with high thermal conductivity, and this material must pollute neither melting liquid nor a single crystal. When a cooling body comprises silver or is coated with silver at least, it is preferred. By making black the inside of the cooling body which counters a single crystal, the thermal radiation which entered can be absorbed, and the outside of the cooling body which counters a thermal insulation member can be constituted so that the thermal radiation which entered may be reflected.

[0011]

It can be considered as a means it to be required between a duct system and a cooling body to seldom bar heat conduction, and to form a cooling method in one, or to carry out field contact of a duct system and the cooling body, and a screw or a bolt, a rivet, a staple and soldering, or a weld joint can be used.

[0012]

The cooling method of the patent documents 3 may be attached to a fixed position, or may be provided in shaft orientations so that a rise is possible. It is desirable when a cooling method is not needed in a heating process when fusing the semiconductor material prepared in the crucible at the time of the start of manufacture of a single crystal and, and it has composition which establishes a cooling method so that a rise is possible, and can be removed from a heating region.

[0013]

In the patent documents 4, by allocating a thermal shield above a crucible with reverse conical shape, and contacting the cooling system which serves as a heat sink in the upper part of a thermal shield, the upper part and the omitted portion of a thermal shield can be cooled, and suppose that it becomes a Si single crystal possible to cool quickly. A cooling system and a thermal shield may be movable to a sliding direction, and may be the composition which a cooling system and a thermal shield are combined and these can move as one. It may have the composition that a refrigerant can be poured inside a cooling system or a thermal shield. The upper part and the cooling system of the thermal shield suppose that it is preferred to be formed with a thermally conductive good material which consists of ceramics, such as refractory metals and AlN(s), such as Mo, and SiC, etc., for example.

[0014]

In the patent documents 5, the water-cooled chamber of the doughnut shape which has a bigger inside diameter than the outer diameter of a crucible is provided, Attach the screen which comprised a large substance of thermal conductivity and a heat radiation rate to this water-cooled chamber, and this screen, A water-cooled chamber and the annular rim member attached with the big touch area, The device which has the leg member constituted so that prescribed distance alienation might be carried out with the raw material side where it was inclined and provided from the annular rim member, and the tip was dissolved so that it might not interfere with viewing from the outside of the dissolved raw material side is indicated. The radiant heat from a single crystal is incorporated into the leg member of a screen in the process in which a single crystal grows. Since a screen contacts a water-cooled chamber and is maintained at low temperature, its heat exchange with a single crystal is good, and raises the cooling rate of a single crystal. Therefore, the single crystal under raising can be quenched and generating of the crystal defect of a single crystal decreases extremely.

[0015]

In the thing of a statement, the screen constituted, for example from carbon, copper, etc. by the water-cooled chamber of the doughnut shape is attached to the patent documents 5 on the undersurface using a bolt etc., for example. It is desirable to attach or adjoin and to provide the heat blocking member for suppressing a heating heater and the dissolved heat loss from a raw material, for example, carbon felt, in a screen.

[0016]

In the silicon single crystal substrate for semiconductors, it is important to form a defect-free layer DZ layer in a substrate face. As a remains defect in a DZ layer, the void (opening defect) of 100 nm of diameter numbers in the crystal called COP (Crystal-Originated Particle) is made into the problem especially in recent years. In the patent documents 6, when an impurity content heat-treats a silicon semiconductor substrate for 1 hour or more in not less than 1000 ** a temperature requirement 1300 ** or less in rare gas (especially argon gas) atmosphere of 5 ppm or less, It is indicated that creation of the quality DZ layer which reduced crystal defects, such as COP, substantially is possible.

[0017]

[Patent documents 1]

JP,57-40119,B

[Patent documents 2]

JP,63-256593,A

[Patent documents 3]

JP,8-239291,A

[Patent documents 4]

JP,7-82084,A

[Patent documents 5]

JP,8-81294,A

[Patent documents 6]

JP,11-135511,A

[0018]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

The cooling body of the patent documents 3, the thermal shield of the patent documents 4, and the screen (henceforth a "cooling body") of the patent documents 5, Neither has a liquid refrigerant but

it the doughnut shape water-cooled chamber (henceforth "a liquid cooling structure") of the duct system of the patent documents 3, the cooling system of the patent documents 4, and the patent documents 5, Since it is arranged at the position where a liquid cooling structure cannot touch melting liquid when it goes up to the maximum height which the crucible filled up with melting liquid may reach since it is connected to the upper part of a cooling body, it can be considered as the impossible safe device of a liquid refrigerant contacting melting liquid.

[0019]

Since itself is not cooled with a liquid refrigerant, the cooling body needs to consist of materials of high heat conductivity. It is necessary to have aluminum and the thermal conductivity more than equivalent at least. On the other hand, the material of a cooling body must pollute neither melting liquid nor a single crystal. Copper is not employable from a viewpoint of contamination, and since it functions as mixing aluminum in melting liquid as a dopant and the resistivity of a semiconductor is changed, it cannot be used. Therefore, as a material of a cooling body, gold, silver, or those alloys are preferred, and a viewpoint to the silver or the silver alloy of a manufacturing cost is the most preferred.

[0020]

In order to fully cool the single crystal by a cooling body, it is necessary to fully hold the temperature of a cooling body at low temperature, and, for that purpose, cooling to a liquid cooling structure must fully be secured from a cooling body. In the patent documents 3, both are fabricated to one or the joining structure of a cooling body and a liquid cooling structure is indicated to use a screw or a bolt, a rivet, a staple and soldering, or a weld joint. The patent documents 5 are indicated to attach a cooling body to the undersurface of a liquid cooling structure using a bolt etc. There is no statement of a joining method in the patent documents 4.

[0021]

It is very expensive although it is most preferred as above-mentioned to consider it as silver as a cooling body material. Since it will be necessary to also make both cooling body and liquid cooling structures into silver and the steep rise of a manufacturing cost will be caused if it is going to fabricate a cooling body and a liquid cooling structure to one, it is not actually employable. In the combination using a screw or a bolt, a rivet, and a staple. A gap cannot be prevented from occurring in the plane of composition of a cooling body and a liquid cooling structure, but as a result, the cooling capability of a cooling body is insufficient, the temperature of a cooling body rises, and there is a problem that it not only cannot fully cool a single crystal, but the life of a cooling body cannot fully hold it according to modification of a cooling body.

[0022]

As a liquid cooling structure material, stainless steel is the most preferred, and when cooling body material is made into silver as above-mentioned, it is the most preferred. If welding tries to perform junction to a cooling body and a liquid cooling structure, it will become silver and welding of dissimilar metals called stainless steel, and it will become difficult to form a healthy weld zone. If it tries to weld, holding the soundness of a weld zone, overall thickness of a cooling body may be unable to be welded and sufficient refrigeration capacity cannot be secured.

[0023]

Dissimilar metals are joinable if brazing and soldering (it names generically and is called brazing and soldering.) are adopted. However, when brazing and soldering are adopted, among the touch areas of a cooling body and a liquid cooling structure, the contact interval cannot only be 50 to 85%, and cannot join a contact portion thoroughly, and work has variation, and the stable contact interval cannot be maintained. Since a low melting point metal is contained in the Handaya wax material and an impurity can mix as flux, there is also a problem of contamination.

[0024]

As above, by the conventional method, it originated in the insufficient contact of a cooling body and a liquid cooling structure, and refrigeration capacity of the cooling body was not fully able to be secured. After this invention carries out melting of the semiconductor material within a crucible and makes a seed crystal immersed into this melting liquid, it is a single crystal manufacturing installation which manufactures the single crystal of a semiconductor by pulling up gradually. The purpose is to provide the single crystal manufacturing installation which has a cooling body which cools the single crystal which grows, and a liquid cooling structure joined to it, and can fully secure the thermal

performance in the joined part of a cooling body and a liquid cooling structure.

[0025]

[Means for Solving the Problem]

That is, the place made into a gist of this invention is as follows.

(1) In a single crystal manufacturing installation which manufactures the single crystal S of a semiconductor by pulling up gradually after carrying out melting of the semiconductor material within a crucible and making the seed crystal 9 immersed into this melting liquid L, A single crystal manufacturing installation characterized by having the cooling body 22 which cools the single crystal S which grows, and the liquid cooling structure 21 joined to the cooling body 22, and the cooling body's 22 consisting of high-heat-conductivity material, and coming to carry out explosive-bonding junction of the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21.

(2) A single crystal manufacturing installation given in the above (1) having arranged the cooling body 22 at a position which makes approximately rotational symmetry shape to a medial axis of the single crystal S which grows, and intercepts radiant heat from a crucible or melting liquid to a single crystal, and having joined it to the liquid cooling structure 21 in an upper bed part of the cooling body 22.

(3) The above (1), wherein a part or all of the cooling body 22 is silver or a product made from a silver alloy, or a single crystal manufacturing installation given in (2):

(4) The above (1) having the thermal shield 26 on a periphery of the cooling body 22 thru/or a single crystal manufacturing installation given in either of (3).

[0026]

Explosive bonding is the method of joining metal using momentary high energy which is also called explosive welding and is obtained by explosion of an explosive. Even if metal is dissimilar metals, they are joined completely in metal texture, and junction with sufficient intensity is performed easily. Therefore, also about a dissimilar metal joined part of the cooling bodies 22 of silver, and the liquid cooling structure 21 made from stainless steel. By considering it as the explosive-bonding joined part 25 which performed explosive-bonding junction, a touch area can be joined thoroughly and heat transfer from the cooling body 22 to the liquid cooling structure 21 can form a very good joined part. As the result, refrigeration capacity of the single crystal S by the cooling body 22 can be raised, increase raising speed of the single crystal S, and single crystal manufacture productivity is improved, and crystal defect density in a single crystal can be reduced substantially.

[0027]

[Embodiment of the Invention]

The single crystal manufacturing installation shown in drawing 1 has a mechanism in which the member and the grown-up single crystal for fusing a semiconductor material are pulled up etc., The member for semiconductor material melting is accommodated in the heating chamber 2a, and the mechanism in which a single crystal is pulled up is formed in the inside and the exterior of raising chamber 2b which constitute a part of superstructure body made disengageable from this heating chamber 2a. Besides, the part structure object also has the middle chamber 2c.

[0028]

In the heating chamber 2a, the crucible 3 which accommodates the melting liquid L is formed, this crucible 3 is supported with the axis of rotation 5, enabling free rotation and rise and fall, and rotation and rise and fall are made by the drive which does not illustrate the axis of rotation 5. A drive rotates the crucible 3 at regular predetermined number of rotations, in order to raise the crucible 3 by oil-level fall that the oil-level fall accompanying raising of the single crystal S should be compensated and to stir the melting liquid L.

[0029]

The crucible 3 comprises as usual the quartz crucible 3a and the crucible 3b made from black lead which protects this. It is arranged so that the heating heater 4 to which the side wall part of the crucible 3 is made to carry out melting of the silicon may enclose the circumference. It is provided in the outside of this heating heater 4 so that the thermal insulation 12 which prevents the heat from this heating heater 4 from being directly radiated on the heating chamber 2a may enclose that circumference.

[0030]

An end is attached to the wire loop wheel machine 11, in raising chamber 2b, the raising wire 8 which

inserted in the top wall of the ceiling part of the middle chamber 2c, and was hung down and lowered is formed, and the zipper 10 holding the seed crystal 9 is attached to the lower end of this raising wire 8 at it. The wire loop wheel machine 8 pulls up the single crystal S which grows up to be the lower end side of the seed crystal 9 gradually according to the growth rate, and is made to always rotate it contrary to the hand of cut of the crucible 3 simultaneously.

[0031]

Argon gas is introduced from the gas inlet 13 formed in the seat part of raising chamber 2b, and after this argon gas circulates the inside of the heating chamber 2a, it is discharged from the gas exhaust 14. Thus, it is for making it not make SiO gas or CO gas emitted in the chamber 2 in connection with melting of the silicon by heating of the heating heater 4 mix in silicon melt, as mentioned above to circulate argon gas in the chamber 2.

[0032]

Above the crucible in a chamber, the liquid cooling structure 21 and the cooling body 22 are arranged so that the single crystal which grows may be surrounded. The liquid cooling structure 21 is a structure which circulated the refrigerant of the fluid inside. In the embodiment shown in drawing 1 - drawing 3, the liquid cooling structure 21 is constituted as a water-cooled chamber made from stainless steel which used water as the refrigerant.

[0033]

The cooling body 22 which consists of high-heat-conductivity material is arranged so that the single crystal S which grows may be cooled. Although it can choose from the large substance of thermal conductivity and a heat radiation rate, for example, silver, a silver alloy, carbon, copper, etc. as a material which constitutes the cooling body 22, when thermal conductivity uses silver or a silver alloy, it is the most preferred as a material without the concern which pollutes melting liquid and a single crystal simultaneously highly. The method of coating the surface of copper or a copper alloy with gold, silver, or those alloys is also employable.

[0034]

The cooling body 22 is joined to the liquid cooling structure 21, and the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 constitutes the explosive-bonding joined part 25 by which explosive-bonding junction was carried out. In explosive bonding, a suitable interval is opened and the materials to join are arranged in parallel. If a suitable quantity of an explosive is carried via shock absorbing material on one material and the end is exploded with a percussion cap, both materials collide with advance of explosion, in a collision point, with the deformation velocity and the high voltage in which both metal is very big, the action like viscous fluid will be shown and a metaled jet will occur ahead from a collision point. Since the oxide film of a surface of metal and the adsorption layer of gas are removed by this metal jet, the clean surface which appeared sticks with high voltage, and joins both materials completely in metal texture.

[0035]

In processing of explosive bonding of the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21, and the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21, as shown in drawing 6 (a), explosive bonding of the joined part of the cooling body material 22a before processing and the liquid cooling structure material 21a is carried out first, and the explosive-bonding joined part 25 is formed. As shown in drawing 6 (b) after that, the liquid cooling structure material 21a is processed, the cooling channel 27 is formed, and it is considered as the liquid cooling structure block 21b, and the liquid cooling structure block 21c is joined to this, and it is considered as the liquid cooling structure 21. Furthermore the cooling body material 22a is processed, and it is considered as the cooling body 22. Or as shown in drawing 6 (c), explosive-bonding junction only of the liquid cooling structure material 21a before processing and the charge 23a of an annular rim member of the cooling bodies may be carried out, and the explosive-bonding joined part 25 may be formed. As shown in drawing 6 (d) after that, process the liquid cooling structure material 21a, and the liquid cooling structure 21 is formed, and it is good also as adopting the method of processing the charge 23a of an annular rim member of a cooling body, considering it as the annular rim part 23, joining the leg part 24 to this, and using as the cooling body 22. The annular rim part 23 and the leg part 24 are metal of the same kind, and weldbonding can be carried out easily.

[0036]

Since explosive-bonding junction of the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling

structure 21 is carried out, in spite of being a dissimilar metal joined part, a good joined part can be formed, and the contact interval of the touch areas can be further secured to about 100%. Therefore, the heat transfer from the cooling body 22 to the liquid cooling structure 21 becomes very good, and it becomes possible to reduce the temperature of the cooling body 22.

[0037]

The desirable embodiment about the shape of the cooling body 22 is described.

[0038]

A part or all of the cooling body 22 is the most preferred in their being silver or a silver alloy as a material which does not have the concern whose thermal conductivity pollutes melting liquid and a single crystal simultaneously highly as a material which forms the cooling body 22 as above-mentioned.

[0039]

According to the embodiment shown in drawing 1 – drawing 3, the cooling body 22 has been arranged at the position which makes approximately rotational symmetry shape to the medial axis of the single crystal S which grows, and intercepts the radiant heat to the single crystal S from the crucible 3 or the melting liquid L, and is joined to the liquid cooling structure 21 in the upper bed part of the cooling body 22.

[0040]

The cooling body 22 comprises an embodiment shown in drawing 1 so that it may not interfere with viewing from the outside of the dissolved raw material side, and it may be inclined and provided from the liquid cooling structure 21 and a tip may estrange only said dissolved raw material side and prescribed distance. The touch area of the explosive-bonding joined part 25 of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 has an area almost equal to the cross-section area of a cooling body main part.

[0041]

The cooling body 22 consists of the leg part 24 in which it inclines, and is provided from the annular rim part 23 which enlarges a touch area with the liquid cooling structure 21, and an annular rim part, and a tip estranges only said dissolved raw material side and prescribed distance in the embodiment shown in drawing 2. The cooling body 22 which carried out integral moulding of the annular rim part 23 and the leg part 24 can be used. The annular rim part 23 is used as an independent member, and explosive-bonding junction of the joined part of the liquid cooling structure 21 and the annular rim part 23 may be carried out first, it may be considered as the explosive-bonding joined part 25, and the method of joining the annular rim part 23 and the leg part 24 after that may be adopted. the annular rim part 23 and the leg part 24 — metal of the same kind — since it is silver preferably, weldbonding can be adopted as both junction and a healthy joined part can be formed.

[0042]

According to the embodiment shown in drawing 3, the cooling body 22 is made into cylindrical shape, and the touch area of the explosive-bonding joined part 25 of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 has an area almost equal to the cross-section area of a cooling body main part.

[0043]

About the surface disposition of the cooling body 22, the thermal radiation which entered is absorbable by making black the inside of the cooling body 22 which counters the single crystal S. The outside of the cooling body 22 which counters the crucible 3 and the thermal shield 26 can be used as the surface where reflectance is high so that the thermal radiation which entered may be reflected.

[0044]

The desirable embodiment about the shape and arrangement of the liquid cooling structure 21 is described.

[0045]

In the embodiment shown in drawing 1 – 3, as the liquid cooling structure 21 of this invention, it is the shape of the water-cooled chamber of a doughnut shape, and the liquid cooling structure 21 is arranged between the side wall part of the middle chamber 2c, and the heating chamber 2a.

[0046]

In manufacturing the single crystal S first in the embodiment shown in drawing 1 – 3, The superstructure body which has the liquid cooling structure 21 which carried out explosive bonding of

raising chamber 2b, the middle chamber 2c, and the cooling body 22 is separated from the heating chamber 2a. The impurity used as the silicon polycrystalline substance used as a raw material and very little dopants is thrown into the crucible 3, and a superstructure body is again attached to the heating chamber 2a after that. It waits to heat the heating heater 4 in this state, and to carry out melting of the semiconductor material in the crucible 3. When a semiconductor material will be in a molten state, the wire loop wheel machine 11 is operated, it pulls up, the wire 8 is taken down, and it is made for the seed crystal 9 attached to the zipper 10 to touch the melting liquid L surface. If the single crystal S begins to grow up to be the seed crystal 9 in this state, as the wire loop wheel machine 11 is pulled up at the rate of predetermined and it is shortly shown in drawing 1, the single crystal S will be grown up.

[0047]

According to the embodiment shown in drawing 4, the liquid cooling structure 21 is a structure made from stainless steel of doughnut shape, and a cooling channel is established in an inside and it is held at low temperature by circulating through cooling water. The liquid cooling structure 21 is not being directly fixed to chambers, such as the middle chamber 2c. Therefore, the cooling body 21 by which explosive-bonding junction was carried out at the liquid cooling structure 21 and it may be attached to a fixed position, or can also be provided in shaft orientations so that a rise is possible. When the cooling body 22 is not needed in a heating process when fusing the semiconductor material prepared in the crucible at the time of the start of manufacture of the single crystal S and, it can constitute so that the liquid cooling structure 21 which joined the cooling body 22 may be formed so that a rise is possible, and it can remove from a heating region. As a rising and falling mechanism of the liquid cooling structure 21, the rising and falling mechanism of a statement is employable as the patent documents 4, for example.

[0048]

Next, the embodiment of the invention which has the thermal shield 26 on the periphery of the cooling body 22 is described based on drawing 5.

[0049]

Generally, the thermal shield 26 is a product made from black lead, is formed in the gestalt which makes a little larger similar figures than the cooling body 22, and is allocated in concentric circle shape by the outside of the cooling body 22. In the example shown in drawing 5, the cooling body 22 and the thermal shield 26 are formed in the reverse conical trapezoid. The thermal shield 26 can be made into the integral construction of black lead. Or the thermal shield 26 can be made into multilayer structure, an inside can be filled up with a black lead sheet or a graphite fiber, and adiathermancy can also be raised.

[0050]

In the embodiment of the invention which has the thermal shield 26. The heat from the radiation heat source of the crucible 3 or heating heater 4 grade, The cooling body 22 is not heated by the elevated temperature, therefore the cooling body 22 which is intercepted by the thermal shield 26 made from black lead and the cooling body 22 by which cooling is carried out to the liquid cooling structure 21, and counters with the single crystal S does not act as a radiation heat source over the single crystal S, as a result of carrying out forced cooling.

[0051]

Also in which embodiment, the radiation light from the single crystal S enters into the cooling body 22 which consists of high-heat-conductivity material in the process in which it is made to grow up pulling up the single crystal S from the melting liquid L, above. Since explosive-bonding junction of the cooling body 22 is carried out with the liquid cooling structure 21 cooled with the liquid refrigerant at this time and it is maintained at low temperature, the radiant heat exchange with the single crystal S becomes good, and it becomes possible to raise the cooling rate of the single crystal S. Since it can combine and the single crystal S under raising can be quenched, generating of the crystal defect of the single crystal S decreases extremely.

[0052]

The joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 of this invention manufactures a silicon semiconductor single crystal using the single crystal manufacturing installation which comes to carry out explosive-bonding junction, When a silicon semiconductor substrate is manufactured by being made from this single crystal and an impurity content heat-treats this silicon

semiconductor substrate for 1 hour or more in not less than 1000 ** a temperature requirement 1300 ** or less in rare gas (especially argon gas) atmosphere of 5 ppm or less, The semiconductor substrate which has the quality DZ layer which reduced crystal defects, such as COP, still more nearly substantially can be manufactured. Before performing this heat treatment, the stable crystal defect reduction effect is acquired by the oxide film of a substrate face being 1 nm or less. In heat-treating, it is good to use the thermal treatment equipment which can establish a purge box in a heat treating furnace throat, and can set impurity concentration in the atmosphere of a throat to 5 ppm or less.

[0053]

About heat treatment using the above-mentioned rare gas, a silicon semiconductor substrate needs to heat-treat in 1-hour or more rare gas atmosphere in not less than 1000 ** a temperature requirement 1300 ** or less. The heat treatment temperature cannot fully perform defective reduction at less than 1000 **. If 1300 ** is exceeded, a rough surface will arise in a substrate face and it will become a device creation top problem. About heat treating time, it is about 50 percent, and since the reduction amount of crystal defects, such as COP, does not have a big defective reduction effect, 4 annealing hours or more are desirably required for it in less than 1 hour for 1 hour or more. As rare gas, argon gas of a price is industrial the most desirable at a low price in rare gas.

[0054]

It is required in order that it may reduce crystal defects, such as COP, effectively that an impurity content is 5 ppm or less as impurity concentration in rare gas atmosphere. Moisture, oxygen, nitrogen, etc. are mentioned as a typical impurity. If there are more impurity contents in these rare gas than 5 ppm, reduction of a crystal defect is not not only fully performed, but it will cause the rough surface of a substrate face. Since the case where air is involved in from a throat on operation of a actual furnace at the time of insertion into the furnace of a semiconductor substrate, and impurity concentration increases will be common even if it raises rare gas's own purity, Using the device which established the purge box or the load lock chamber in the throat for this prevention, before substrate insertion into a furnace, it is required the rare gas of 5 ppm or less of impurities and to make atmosphere in front of a furnace into argon gas atmosphere desirably.

[0055]

[Example]

(Example 1)

The silicon single crystal was raised using the single crystal manufacturing installation which has the cooling body 22 shown in drawing 3. The silicon semiconductor material which a crucible diameter inserts in 22 inches and a crucible is 100 kg, and the single crystal S which grows is an 8-inch crystal.

[0056]

Using silver as a material in the cooling body 22, the inside diameter of the cooling body 22 of 260 mm and an outer diameter is 300 mm, and length is 280 mm. As the liquid cooling structure 21, it was considered as the water-cooled chamber of the shape of an anchor ring which has cooling water piping inside, and had composition which attaches the liquid cooling structure 21 to the lower part of the middle chamber 2c.

[0057]

In example Noof this invention.1, explosive-bonding junction of the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 is carried out. In comparative example No.2, the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 is considered as soldering junction. In comparison cold No.3, the joined part of the cooling body 22 and the liquid cooling structure 21 is made into bolt connection.

[0058]

The silicon single crystal was raised using the crystal growth device which has the above composition. Raising speed was measured under the same raising conditions, and wafer processing of the crystal pulled up was carried out, and COP density estimated the crystal defect of the wafer.

[0059]

COP performs SCl washing to a wafer using a penetrant remover ($\text{NH}_2\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$), makes the defect under crystal form as a pit, and detects the pit concerned as particle with a particle counter. A thing of 0.12 micrometers or more was counted as COP. Therefore, the foreign matter particles on

the conventional wafer are another.

[0060]

A result is shown in Table 1. About raising speed, the raising speed of comparative example No.3 is measured as 1. The units of the COP number are an individual/wafer. By example No.1 of this invention, as compared with comparative example No.2 and No.3, raising speed increases and the COP number is decreasing substantially.

Improvement in productivity was realized as compared with the former, and large improvement in crystal quality was able to be realized.

[0061]

[Table 1]

	No.	接合方法	引き上げ 速度 (ー)	COP個数 ($\geq 0.12 \mu\text{m}$) (個/ウェーハ)
本発明例	1	爆着	1.3	10
比較例	2	はんだ付	1.1	18
	3	ボルト接合	1	30

[0062]

(Example 2)

The silicon semiconductor substrate (mirror wafer) was manufactured using the silicon semiconducting crystal raised in above-mentioned Example 1, and the impurity content carried out heat treatment of 8 hours at the temperature of 1100 ** in argon gas atmosphere of 5 ppm or less using this silicon semiconductor substrate. 1-micrometer mirror polish of the semiconductor substrate surface was carried out after heat treatment, and COP evaluation was performed about the surface after polish in order to evaluate the soundness of the DZ layer of a semiconductor substrate surface. After performing the SC1 same washing as Example 1, the thing of 0.11 micrometers or more detected by the particle counter was counted as COP.

[0063]

A result is shown in Table 2. As compared with comparative example No.2 and No.3, it is clear that example No.1 of this invention the COP number in a DZ layer is decreasing. Thus, also when the silicon semiconductor single crystal manufactured using the single crystal manufacturing installation which comes to carry out explosive-bonding junction of the joined part of the cooling body 22 of this invention and the liquid cooling structure 21 improves the DZ layer soundness of a semiconductor substrate which performed heat treatment in argon gas atmosphere, it is very useful.

[0064]

[Table 2]

	No.	接合方法	COP個数 ($\geq 0.11 \mu\text{m}$) (個/ウェーハ)
本発明例	1	爆着	40
比較例	2	はんだ付	50
	3	ボルト接合	65

[0065]

[Effect of the Invention]

The cooling body which cools the single crystal which is a single crystal manufacturing installation which manufactures the single crystal of a semiconductor by pulling up gradually after carrying out melting of the semiconductor material within a crucible and making a seed crystal immersed into this

melting liquid in this invention, and grows, Having a liquid cooling structure joined to a cooling body, in the single crystal manufacturing installation which consists of high-heat-conductivity material, a cooling body considers the joined part of a cooling body and a liquid cooling structure as explosive-bonding junction.

Therefore, the thermal performance in the joined part of a cooling body and a liquid cooling structure can fully be secured, and reduction of the crystal defect by the improvement in the productivity by the rise of raising speed and the rise of the cooling rate of a single crystal can be realized.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a sectional view showing the single crystal manufacturing installation of this invention.

[Drawing 2] It is a sectional view showing the single crystal manufacturing installation of this invention.

[Drawing 3] It is a sectional view showing the single crystal manufacturing installation of this invention.

[Drawing 4] It is a sectional view showing the single crystal manufacturing installation of this invention.

[Drawing 5] It is a sectional view showing the single crystal manufacturing installation of this invention.

[Drawing 6] It is a figure showing signs that explosive-bonding junction of the joined part of a cooling body and a liquid cooling structure is carried out, and (a) and (c) are immediately after explosive-bonding junction figures in which (b) and (d) show the situation after processing.

[Description of Notations]

2 Chamber

2a Heating chamber

2b Raising chamber

2c Middle chamber

3 Crucible

3a Quartz crucible

3b Graphite crucible

4 Heating heater

5 Axis of rotation

8 Raising wire

9 Seed crystal

10 Zipper

11 Wire loop wheel machine

12 Thermal insulation

13 Gas inlet

14 Gas exhaust

21 Liquid cooling structure

21a Liquid cooling structure material

22 Cooling body

22a Cooling body material

23 Annular rim part

23a The charge of an annular rim member

24 Leg part

25 Explosive-bonding joined part

26 Thermal shield

27 Cooling channel

S Crystalline

L Melting liquid

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

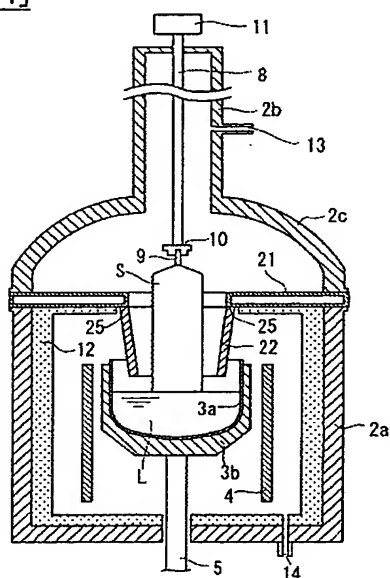
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.*** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

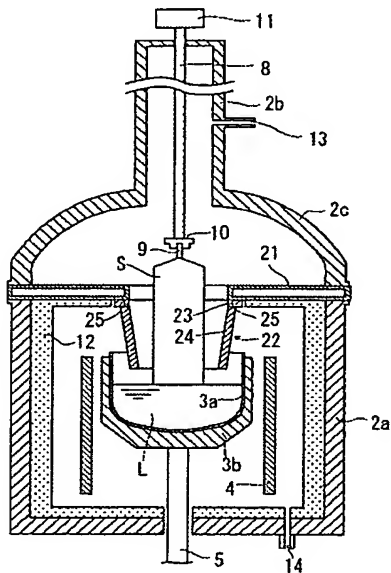
DRAWINGS

[Drawing 1]

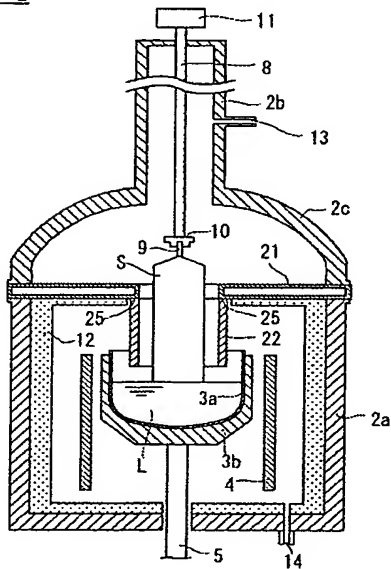


2 a	加熱チャンバ	1 0	チャック
2 b	引き上げチャンバ	1 1	ワイヤ巻き上げ機
2 c	中間チャンバ	1 2	断熱材
3 a	石英ルツボ	1 3	ガス導入口
3 b	黒鉛ルツボ	1 4	ガス排出口
4	加熱ヒータ	2 1	液冷構造体
5	回転軸	2 2	冷却体
8	引き上げワイヤ	2 5	爆着接合部
9	種結晶	S	結晶体
		L	熔融液

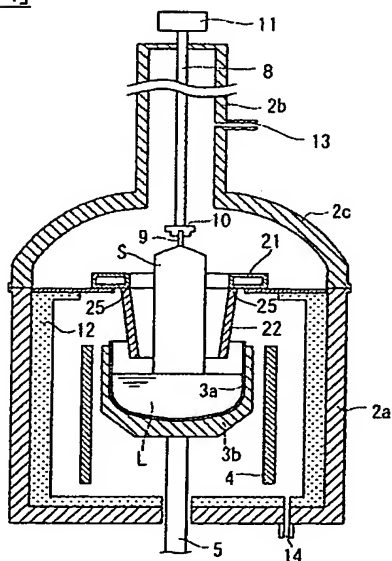
[Drawing 2]



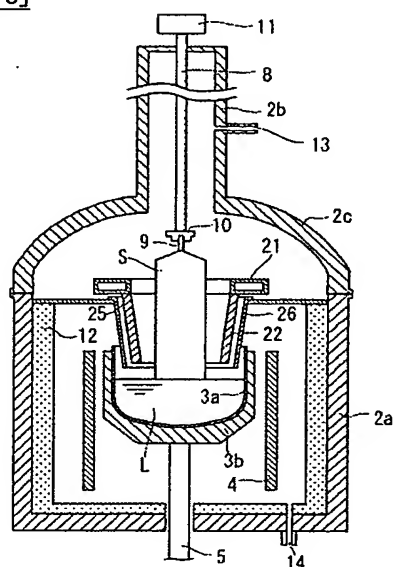
[Drawing 3]



[Drawing 4]

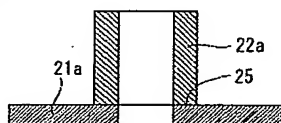


[Drawing 5]

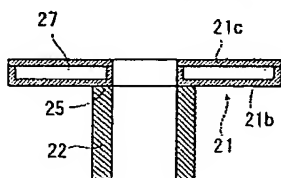


[Drawing 6]

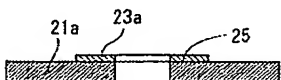
(a)



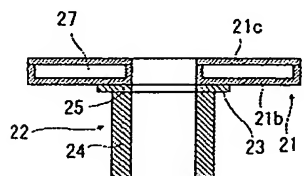
(b)



(c)



(d)



[Translation done.]

【特許請求の範囲】

【請求項1】

半導体材料をルツボ内で溶融させ、この溶融液中に種結晶を浸漬させてから徐々に引き上げることによって半導体の単結晶を製造する単結晶製造装置において、成長する単結晶を冷却する冷却体と、該冷却体に接合する液冷構造体とを有し、前記冷却体は高熱伝導材からなり、前記冷却体と液冷構造体との接合部は爆着接合されてなることを特徴とする単結晶製造装置。

【請求項2】

前記冷却体は、成長する単結晶の中心軸に対して略回転対称形状をなしてルツボや溶融液から単結晶への輻射熱を遮断する位置に配置され、冷却体の上端部において前記液冷構造体と接合していることを特徴とする請求項1に記載の単結晶製造装置。

【請求項3】

前記冷却体の一部又は全部が銀又は銀合金製であることを特徴とする請求項1又は2に記載の単結晶製造装置。

【請求項4】

前記冷却体の外周に熱遮蔽体を有することを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の単結晶製造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体の単結晶を製造する単結晶製造装置に関し、特にチョクラルスキー法でシリコン単結晶を成長する単結晶製造装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体製造の分野においては、従来からシリコン単結晶の製造方法としてチョクラルスキー法（CZ法）が一般的に使用されている。CZ法においては、チャンバー内においてヒーター加熱によって半導体材料をルツボ内で溶融させ、この溶融液中に種結晶を浸漬させ、種結晶を起点として単結晶を成長させつつ徐々に引き上げ、これによって半導体の単結晶を製造することができる。

【0003】

CZ法による単結晶製造装置では、主に半導体溶融のための構造体が収容される加熱チャンバと引き上げられる単結晶を収納する引き上げチャンバとからなるチャンバを有する。加熱チャンバ内にはルツボとこのルツボの主側面部を取り囲むように配置された加熱ヒータとが設けられている。ルツボには、加熱ヒータによって溶融される半導体材料が収容される。このルツボは、駆動装置に回転軸を介して接続され、結晶引き上げ中はこの駆動装置によって所定の速度で回転される。通常、ルツボは、石英ルツボとこれを保護する黒鉛製ルツボとから構成されている。

【0004】

一方、引き上げチャンバは、加熱チャンバの開口部を塞ぐ中間チャンバと、この中間チャンバの中央部に位置し、主に成長中の単結晶を収容する引き上げチャンバとから構成されている。引き上げチャンバ内には、頂壁を挿通して垂下された引き上げワイヤが設けられ、この引き上げワイヤの下端には種結晶を保持するチャックが設けられている。この引き上げワイヤの上端側は、ワイヤ巻き上げ機に巻き回されており、成長中の単結晶を所定の速度で引き上げるようになっている。なお、加熱ヒータの周りには断熱材が設けられているが、これは加熱ヒータからの熱が加熱チャンバの外部に逃げるのを防止するためである。

【0005】

チャンバ内には、引き上げチャンバに形成されたガス導入口からアルゴンガスが導入されるようになっているが、このアルゴンガスは、ガス導入口から収容部の内部を通り、さらに加熱チャンバ内に流入し、ガス排出口から排出される。

【0006】

CZ法により成長させる半導体製造用のシリコン単結晶において、転位や各種の結晶欠陥等を極力少なくし、かつより低いコストでシリコン単結晶を製造し得る方法が求められている。引き上げ中の単結晶を急速に冷却すると、OSFやCOPと呼ばれている結晶欠陥の核の成長を抑制することができ、同時に結晶成長速度を増大させて単結晶製造の生産性を向上できることが知られている。

【0007】

例えば、特許文献1には、ルツボの上方であって単結晶の引き上げ域の周囲に、扁平な管状リムとその内側端縁から下方に向かうに従って縮径した円錐台形のテーパ部とからなる輻射スクリーンを配設する構成が開示されている。この輻射スクリーンによってルツボ、加熱ヒータ及び融液等からの輻射熱を遮断し、単結晶の引き上げ方向における温度勾配を高めるようにしてある。

【0008】

特許文献1に記載の上記発明では、輻射スクリーン自体を高温に加熱される結果、二次輻射熱が単結晶に向けて放射され、単結晶自体の冷却効果が十分でない。また、輻射スクリーン自体は金属で形成されており、融液から発生するSiCガス、あるいは高温のために溶融劣化されて寿命が短い。そこで特許文献2においては、冷却手段を付設した金属製遮蔽部材と、該金属製遮蔽部材の外周にこれとの間に間隔を隔てて配設された黒鉛製遮蔽部材とを具備した発明が開示されている。ルツボや加熱ヒータ等の輻射熱源からの熱は黒鉛製遮蔽部材、冷却水管を付設された金属製遮蔽部材によって遮断し、または単結晶と対向する金属製遮蔽部材は強制冷却される結果、金属製遮蔽部材が高温に加熱されることが無く、従って単結晶に対する輻射熱源として作用することがないとしている。

【0009】

特許文献2に記載の発明では、金属製遮蔽部材に付設された冷却水管は溶融液の表面近傍まで接近することとなり、安全面での危険度が高まる。即ち、ルツボの移動の制御装置が故障した場合、冷却水管の一部が溶融液内に浸漬され、その結果冷媒が漏出して熱い溶融液内に混入することとなる。特許文献3においては、成長する単結晶を遮蔽する遮熱部材と、成長する単結晶を冷却する冷却手段とを備え、冷却手段は液体冷媒を流通させるダクト系から成る上側部分と、高熱伝導率を有する冷却体として構成された下側部分との2つの部分で構成される装置が開示されている。液体冷媒を流通させるダクト系は、溶融液を充填したルツボが到達し得る最大高さまで上昇したときに溶融液に触れないような位置に配置されるので、液体冷媒が溶融液と接触することのあり得ない安全な装置とすることができる。またダクト系及び冷却体は、単結晶に対して同軸に保持されてそれを取り囲む一つの機能ユニットを構成し、成長する単結晶の効果的な冷却を行うことができる。

【0010】

特許文献3に記載の装置における冷却体は、熱伝導率が高い材料から形成する必要があり、該材料は溶融液や単結晶を汚染するものであってはならない。冷却体は銀から構成され、あるいは少なくとも銀でコーティングされると好ましい。

また、単結晶に対向する冷却体の内側を黒くすることにより、入射した熱放射を吸収し、遮熱部材に対向する冷却体の外側は、入射した熱放射を反射するように構成することができる。

【0011】

ダクト系と冷却体との間で熱伝導があまり妨げられないことが必要であり、冷却手段を一体に形成するか、あるいはダクト系と冷却体とを面接触させる手段として、螺子又はボルト、リベット、ステーブル、及び半田付け又は溶接継手等を用いることができる。

【0012】

特許文献3の冷却手段は、固定位置に取り付けてもよいし、あるいは軸方向に上昇可能に設けてもよい。単結晶の製造の開始時にルツボ内に準備された半導体材料を溶融するとき、また加熱工程において冷却手段が必要とされない場合には、冷却手段を上昇可能に設けて加熱領域から除去できるような構成とすると好ましい。

【0013】

特許文献4においては、逆円錐形状でルツボの上方に熱遮蔽体を配設し、熱遮蔽体の上部にヒートシンクとなる冷却装置を接触させることにより、熱遮蔽体の上部及び中間部分を冷却することができ、Si単結晶を急速に冷却することが可能になるとしている。冷却装置や熱遮蔽体は上下方向に移動可能なものであってもよく、冷却装置と熱遮蔽体とが結合されてこれらが一体として移動できる構成であってもよい。冷却装置や熱遮蔽体の内部に冷媒を流すことができるような構成になっていてもよい。熱遮蔽体の上部や冷却装置は、例えばMo等の高融点金属やAlNやSiC等のセラミックス等からなる熱伝導性の良い材料により形成されているのが好ましいとしている。

【0014】

特許文献5においては、ルツボの外径より大きな内径を有するドーナツ型の水冷チャンバを設け、この水冷チャンバに、熱伝導率および熱輻射率の大きい物質から構成されたスクリーンを付設し、このスクリーンは、水冷チャンバと大きな接触面積を持って取り付けられた環状リム部材と、融解された原料面の外部からの目視を邪魔しないように環状リム部材から傾斜して設けられかつ先端が融解された原料面と所定距離離間するように構成されたレッグ部材とを有する装置が開示されている。単結晶が成長する過程において、単結晶からの輻射熱はスクリーンのレッグ部材に取り込まれる。スクリーンは水冷チャンバに接触して低温に保たれているため、単結晶との熱交換が良く、単結晶の冷却速度を向上させる。そのため、引き上げ中の単結晶を急冷でき、単結晶の結晶欠陥の発生が極めて少なくなる。

【0015】

特許文献5に記載のものにおいて、ドーナツ型の水冷チャンバには、例えばカーボンや銅などから構成されたスクリーンが、例えば、ボルトなどを使用して下面に付設される。また、加熱ヒータおよび融解された原料からの熱損失を抑えるための熱遮断部材、例えば、カーボンフェルトを、スクリーンに付設あるいは隣接して設けることが望ましい。

【0016】

半導体用のシリコン単結晶基板においては、基板表面に無欠陥層DZ層を形成することが重要である。DZ層内の残留欠陥として、近年では特にCOP(Crystal-Originated Particle)と呼ばれる結晶内の直径数百nmのボイド(空隙欠陥)が問題とされている。特許文献6においては、シリコン半導体基板を不純物含有量が5ppm以下の希ガス(特にアルゴンガス)雰囲気中で1000℃以上1300℃以下の温度範囲で1時間以上熱処理することにより、COP等の結晶欠陥を大幅に低減した高品質なDZ層の作成が可能であることが開示されている。

【0017】

【特許文献1】

特公昭57-40119号公報

【特許文献2】

特開昭63-256593号公報

【特許文献3】

特開平8-239291号公報

【特許文献4】

特開平7-82084号公報

【特許文献5】

特開平8-81294号公報

【特許文献6】

特開平11-135511号公報

【0018】

【発明が解決しようとする課題】

特許文献3の冷却体、特許文献4の熱遮蔽体、特許文献5のスクリーン(以下「冷却体」という。)は、いずれも液体冷媒を有しておらず、また、特許文献3のダクト系、特許文

献4の冷却装置、特許文献5のドーナツ型水冷チャンバ(以下「液冷構造体」という。)は、冷却体の上部に接続されているので、熔融液を充填したルツボが到達し得る最大高さまで上昇したときに液冷構造体が熔融液に触れないような位置に配置されるので、液体冷媒が熔融液と接触することのあり得ない安全な装置とすることができる。

【0019】

冷却体は、それ自体が液体冷媒で冷却されていないので、高熱伝導率の材料で構成する必要がある。少なくともアルミニウムと同等以上の熱伝導率を有している必要がある。一方で、冷却体の材料は熔融液や単結晶を汚染するものであってはならない。銅は汚染の観点から採用することができず、アルミニウムは熔融液に混入するとドーパントとして機能して半導体の抵抗率を変化させるので使用することができない。従って、冷却体の材料としては金あるいは銀もしくはそれらの合金が好ましく、製造コストの観点から銀または銀合金が最も好ましい。

【0020】

冷却体による単結晶の冷却を十分に行うためには、冷却体の温度を十分に低温に保持する必要がある。そのためには冷却体から液冷構造体への放熱が十分に確保されなければならない。特許文献3においては、冷却体と液冷構造体との接合構造について、両者を一体に成形するか、あるいは螺子又はボルト、リベット、ステーブル、及び半田付け又は溶接継手等を用いると記載されている。特許文献5においては、ボルトなどを使用して冷却体を液冷構造体の下面に付設すると記載されている。特許文献4には接合方法の記載はない。

【0021】

上述の通り、冷却体材料としては銀製とすることが最も好ましいが、極めて高価である。冷却体と液冷構造体を一体に成形しようとすると、冷却体も液冷構造体とともに銀製とする必要が生じ、製造コストの大幅な上昇を来すため、現実には採用することができない。螺子又はボルト、リベット、ステーブルを用いた結合では、冷却体と液冷構造体との接合面にギャップが発生することを防止できず、その結果冷却体の放熱能力が不足して冷却体の温度が上昇し、単結晶を十分に冷却することができないのみならず、冷却体の変形によって冷却体の寿命が十分に保持できないという問題がある。

【0022】

液冷構造体材料としてはステンレス鋼が最も好ましく、冷却体材料は上述の通り銀製とすると最も好ましい。冷却体と液冷構造体との接合を溶接によって行おうとすると、銀とステンレス鋼という異種金属同士の溶接となり、健全な溶接部を形成することが困難となる。また、溶接部の健全性を保持しつつ溶接を行おうとすると、冷却体の全厚を溶接することができない場合があり、十分な冷却能力を確保することができない。

【0023】

ろう付けやはんだ付け(総称してろう接という。)を採用すれば、異種金属同士の接合を行うことができる。ただし、ろう接を採用した場合、冷却体と液冷構造体との接触面積のうち接触率は50～85%にとどまり、接触部を完全に接合することができず、かつ作業にバラツキがあり、安定した接触率を保てない。また、はんだやろう材には低融点金属が含まれ、フラックスとして不純物が混入することもあり得るので、汚染の問題もある。

【0024】

以上のとおり、従来の方法では冷却体と液冷構造体との接触不十分に起因して、冷却体の冷却能力を十分に確保することができなかった。本発明は、半導体材料をルツボ内で熔融させ、この熔融液中に種結晶を浸漬させてから徐々に引き上げることによって半導体の単結晶を製造する単結晶製造装置であって、成長する単結晶を冷却する冷却体とそれに接合する液冷構造体とを有し、冷却体と液冷構造体との接合部における伝熱能力を十分に確保することのできる単結晶製造装置を提供することを目的とする。

【0025】

【課題を解決するための手段】

即ち、本発明の要旨とするところは以下の通りである。

(1) 半導体材料をルツボ内で熔融させ、この熔融液中に種結晶9を浸漬させてから徐

々に引き上げることによって半導体の単結晶Sを製造する単結晶製造装置において、成長する単結晶Sを冷却する冷却体22と、冷却体22に接合する液冷構造体21とを有し、冷却体22は高熱伝導材からなり、冷却体22と液冷構造体21との接合部は爆着接合されてなることを特徴とする単結晶製造装置。

(2) 冷却体22は、成長する単結晶Sの中心軸に対して略回転対称形状をなしてルツボや熔融液から単結晶への輻射熱を遮断する位置に配置され、冷却体22の上端部において液冷構造体21と接合していることを特徴とする上記(1)に記載の単結晶製造装置。

(3) 冷却体22の一部又は全部が銀又は銀合金製であることを特徴とする上記(1)又は(2)に記載の単結晶製造装置。

(4) 冷却体22の外周に熱遮蔽体26を有することを特徴とする上記(1)乃至(3)のいずれかに記載の単結晶製造装置。

【0026】

爆着は爆発圧接とも呼ばれ、爆薬の爆発によって得られる瞬間的な高エネルギーを用いて金属同士を接合する方法である。金属同士は、異種金属同士であっても完全に金属組織的に接合し、十分な強度を持った接合が容易に行われる。従って、銀製の冷却体22とステンレス鋼製の液冷構造体21との異種金属接合部についても、爆着接合を行った爆着接合部25とすることによって、接触面積を完全に接合することができ、冷却体22から液冷構造体21への伝熱が極めて良好な接合部を形成することができる。その結果として、冷却体22による単結晶Sの冷却能力を向上させることができ、単結晶Sの引き上げ速度を増大して単結晶製造生産性を改善すると共に、単結晶中の結晶欠陥密度を大幅に低減することができる。

【0027】

【発明の実施の形態】

図1に示す単結晶製造装置は、半導体材料を熔融するための部材や成長した単結晶を引き上げる機構などを有しており、半導体材料熔融のための部材は加熱チャンバ2a内に収容され、単結晶を引き上げる機構は、この加熱チャンバ2aから分離可能とされた上部構造体の一部を構成する引き上げチャンバ2bの内部および外部に設けられている。この上部構造体は、中間チャンバ2cも有している。

【0028】

加熱チャンバ2a内には、熔融液Lを収容するルツボ3が設けられ、このルツボ3は回転軸5によって回転・昇降自在に支持され、回転軸5は図示しない駆動装置によって回転・昇降がなされる。駆動装置は、単結晶Sの引き上げに伴う液面低下を補償すべくルツボ3を液面低下分だけ上昇させ、また、熔融液Lの攪拌を行うためにルツボ3を常時所定の回転数で回転させる。

【0029】

ルツボ3は、従来と同様に石英ルツボ3aとこれを保護する黒鉛製ルツボ3bとから構成されている。ルツボ3の側壁部分には、シリコンを熔融させる加熱ヒータ4がその周囲を取り囲むように配置されている。この加熱ヒータ4の外側には、この加熱ヒータ4からの熱が加熱チャンバ2aに直接輻射されるのを防止する断熱材12がその周囲を取り囲むように設けられている。

【0030】

引き上げチャンバ2bには、一端がワイヤ巻き上げ機11に取り付けられ、中間チャンバ2cの天井部の頂壁を挿通して垂れ下げられた引き上げワイヤ8が設けられ、この引き上げワイヤ8の下端には、種結晶9を保持するチャック10が取り付けられている。ワイヤ巻き上げ機8は種結晶9の下端側に徐々に成長する単結晶Sをその成長速度等に従って引き上げ、同時に、ルツボ3の回転方向とは反対に常時回転させる。

【0031】

引き上げチャンバ2bの収容部に形成されたガス導入口13からはアルゴンガスが導入され、このアルゴンガスは加熱チャンバ2a内を流通した後にガス排出口14から排出されるようになっている。このようにチャンバ2内にアルゴンガスを流通させるのは、前述し

たように、加熱ヒータ4の加熱によるシリコンの熔融に伴ってチャンバ2内に発生するSiOガスやCOガスをシリコン融液内に混入させないようにするためである。

【0032】

チャンバー内のルツボの上方には、成長する単結晶を取り囲むように液冷構造体21と冷却体22とが配置される。液冷構造体21は、内部に液体の冷媒を流通させた構造体である。図1～図3に示す実施の形態において、液冷構造体21は水を冷媒としたステンレス鋼製の水冷チャンバーとして構成されている。

【0033】

高熱伝導材からなる冷却体22は成長する単結晶Sを冷却するように配置される。冷却体22を構成する材料としては、熱伝導率および熱輻射率の大きい物質、例えば、銀、銀合金、カーボンや銅などから選択することができるが、熱伝導率が高く同時に熔融液や単結晶を汚染する懸念のない材料として、銀又は銀合金を用いると最も好ましい。銅又は銅合金の表面に金又は銀もしくはそれらの合金をコーティングする方法を採用することもできる。

【0034】

液冷構造体21に冷却体22が接合され、冷却体22と液冷構造体21との接合部は爆着接合された爆着接合部25を構成している。爆着においては、接合する材料同士を適当な間隔を開けて平行に配置する。一方の材料の上に緩衝材を介して適当な量の爆薬を載せ、その一端を雷管によって起爆すると、爆発の進行と共に両材料が衝突し、衝突点では両方の金属が非常に大きな変形速度と高圧によって粘性流体的な挙動を示し、衝突点から前方に金属の噴流が発生する。この金属ジェットによって金属表面の酸化皮膜やガスの吸着層が除去されるため、現れた清浄表面が高圧によって密着し、両材料は完全に金属組織的に接合する。

【0035】

冷却体22と液冷構造体21の接合部の爆着、及び冷却体22と液冷構造体21の加工においては、図6(a)に示すように加工前の冷却体材料22a及び液冷構造体材料21aの接合部をまず爆着して爆着接合部25を形成する。その後に図6(b)に示すように液冷構造体材料21aを加工して冷却水路27を形成して液冷構造体ブロック21bとし、これに液冷構造体ブロック21cを接合して液冷構造体21とする。さらに冷却体材料22aを加工して冷却体22とする。あるいは、図6(c)に示すように加工前の液冷構造体材料21aと、冷却体のうちの環状リム部材料23aのみを爆着接合して爆着接合部25を形成してもよい。その後に図6(d)に示すように液冷構造体材料21aを加工して液冷構造体21を形成すると共に、冷却体の環状リム部材料23aを加工して環状リム部23とし、これにレッグ部24を接合して冷却体22とする方法を採用することとしても良い。環状リム部23とレッグ部24は同種金属であり、容易に溶接接合することができる。

【0036】

冷却体22と液冷構造体21との接合部は爆着接合されているので、異種金属接合部であるにもかかわらず良好な接合部を形成し、さらに接触面積のうちの接触率をほぼ100%に確保することができる。そのため、冷却体22から液冷構造体21への伝熱が極めて良好となり、冷却体22の温度を低下させることが可能になる。

【0037】

冷却体22の形状に関する好ましい実施の形態について説明する。

【0038】

前述の通り、冷却体22を形成する材料としては、熱伝導率が高く同時に熔融液や単結晶を汚染する懸念のない材料として、冷却体22の一部又は全部が銀又は銀合金であると最も好ましい。

【0039】

図1～図3に示す実施の形態では、冷却体22は、成長する単結晶Sの中心軸に対して略回転対称形状をなしてルツボ3や熔融液1から単結晶Sへの輻射熱を遮断する位置に配置

され、冷却体22の上端部において液冷構造体21と接合している。

【0040】

図1に示す実施の形態では、冷却体22は融解された原料面の外部からの目視を邪魔しないように液冷構造体21から傾斜して設けられかつ先端が前記融解された原料面と所定距離だけ離間するように構成されている。冷却体22と液冷構造体21との爆着接合部25の接触面積は、冷却体本体の断面積とほぼ等しい面積を有している。

【0041】

図2に示す実施の形態においては、冷却体22は、液冷構造体21との接触面積を大きくする環状リム部23と、環状リム部から傾斜して設けられかつ先端が前記融解された原料面と所定距離だけ離間するレッグ部24とからなっている。環状リム部23とレッグ部24とを一体成形した冷却体22を用いることができる。また、環状リム部23を独立の部材とし、まず液冷構造体21と環状リム部23との接合部を爆着接合して爆着接合部25とし、その後に環状リム部23とレッグ部24とを接合する方法を採用しても良い。環状リム部23とレッグ部24とは同種金属、好ましくは銀製であるから、両者の接合に溶接接合を採用することができ、健全な接合部を形成することができる。

【0042】

図3に示す実施の形態では、冷却体22を円筒形状とし、冷却体22と液冷構造体21との爆着接合部25の接触面積は、冷却体本体の断面積とほぼ等しい面積を有している。

【0043】

冷却体22の表面性状については、単結晶Sに対向する冷却体22の内側を黒くすることにより、入射した熱放射を吸収することができる。また、ルツボ3や熱遮蔽体26に対向する冷却体22の外側は、入射した熱放射を反射するように反射率の高い表面とすることができる。

【0044】

液冷構造体21の形状・配置に関する好ましい実施の形態について説明する。

【0045】

図1～3に示す実施の形態においては、本発明の液冷構造体21として、ドーナツ型の水冷チャンバの形状であり、液冷構造体21は中間チャンバ2cの側壁部と加熱チャンバ2aとの間に配置されている。

【0046】

図1～3に示す実施の形態では、まず、単結晶Sを製造するにあたって、引き上げチャンバ2bと中間チャンバ2cと冷却体22を爆着した液冷構造体21とを有する上部構造体を加熱チャンバ2aから分離し、ルツボ3に原料となるシリコン多結晶体と非常に微量のドーパントとなる不純物とを投入して、その後、上部構造体を加熱チャンバ2aに再び取り付ける。この状態で加熱ヒータ4を加熱してルツボ3内の半導体材料が熔融されるのを待つ。半導体材料が熔融状態になったら、ワイヤ巻き上げ機11を作動させて引き上げワイヤ8を下ろし、チャック10に取り付けられた種結晶9が熔融液L表面に接するようにする。この状態で、種結晶9に単結晶Sが成長し始めると、今度はワイヤ巻き上げ機11を所定の速度で引き上げて図1に示すように単結晶Sを成長させていく。

【0047】

図4に示す実施の形態では、液冷構造体21はドーナツ状のステンレス銅製構造体であり、内部に冷却水路が設けられ、冷却水を循環することによって低温に保持する。液冷構造体21は中間チャンバ2c等のチャンバに直接固定されていない。従って、液冷構造体21及びそれに爆着接合された冷却体21は、固定位置に取り付けてもよいし、あるいは軸方向に上昇可能に設けることもできる。単結晶Sの製造の開始時にルツボ内に準備された半導体材料を熔融するとき、また加熱工程において冷却体22が必要とされない場合には、冷却体22を接合した液冷構造体21を上昇可能に設けて加熱領域から除去できるよう構成することができる。液冷構造体21の昇降機構としては、例えば特許文献4に記載の昇降機構を採用することができる。

【0048】

次に、冷却体22の外周に熱遮蔽体26を有する本発明の実施の形態について、図5に基づいて説明する。

【0049】

熱遮蔽体26は一般には黒鉛製であり、冷却体22よりも若干大きい相似形をなす形態に形成され、冷却体22の外側に同心円状に配設される。図5に示す例では、冷却体22、熱遮蔽体26ともに逆円錐台形に形成されている。熱遮蔽体26は黒鉛の一体構造とすることができる。あるいは熱遮蔽体26を多層構造とし、内部に黒鉛シートや黒鉛繊維を充填して断熱性を向上させることもできる。

【0050】

熱遮蔽体26を有する本発明の実施の形態では、ルツボ3や加熱ヒーター4等の輻射熱源からの熱は、黒鉛製の熱遮蔽体26と、液冷構造体21に抜熱される冷却体22とによって遮断され、また単結晶Sと対向する冷却体22は強制冷却される結果、冷却体22が高温に加熱されることが無く、従って単結晶Sに対する輻射熱源として作用することがない。

【0051】

以上いずれの実施の形態においても、熔融液しから単結晶Sを引き上げつつ成長させる過程において、単結晶Sからの輻射光は、高熱伝導率材からなる冷却体22に入射する。このとき冷却体22は、液体冷媒で冷却された液冷構造体21と爆着接合されており、低温に保たれているため、単結晶Sとの輻射熱交換が良くなり、単結晶Sの冷却速度を向上させることが可能になる。併せて、引き上げ中の単結晶Sを急冷することができるので、単結晶Sの結晶欠陥の発生がきわめて少なくなる。

【0052】

本発明の、冷却体22と液冷構造体21との接合部が爆着接合されてなる単結晶製造装置を用いてシリコン半導体単結晶を製造し、この単結晶を素材としてシリコン半導体基板を製造し、このシリコン半導体基板を不純物含有量が5ppm以下の希ガス（特にアルゴンガス）雰囲気中で1000℃以上1300℃以下の温度範囲で1時間以上熱処理することにより、COP等の結晶欠陥をさらに大幅に低減した高品質なDZ層を有する半導体基板を製造することができる。この熱処理を行う前に、基板表面の酸化膜を1nm以下にすることにより、安定した結晶欠陥低減効果が得られる。また、熱処理を行うにあたり、熱処理炉口にバージボックスを設け、炉口の雰囲気中の不純物濃度を5ppm以下にすることができる熱処理装置を用いるとよい。

【0053】

上記希ガスを用いる熱処理については、シリコン半導体基板は1000℃以上1300℃以下の温度範囲で1時間以上希ガス雰囲気中で熱処理することが必要である。熱処理温度は1000℃未満では欠陥低減が十分にできない。また、1300℃を越えると基板表面に面荒れが生じ、デバイス作成上問題となる。熱処理時間については、1時間未満ではCOP等の結晶欠陥の低減量は5割程度であり、大きな欠陥低減効果がないため、1時間以上望ましくは4時間以上の焼鈍時間が必要である。希ガスとしてはアルゴンガスが希ガスの中では価格も安く工業的に最も望ましい。

【0054】

希ガス雰囲気中の不純物濃度としては不純物含有量が5ppm以下であることが効果的にCOP等の結晶欠陥を低減するために必要である。代表的な不純物としては水分、酸素、窒素などが挙げられる。これら希ガス中の不純物含有量が5ppmより多いと、結晶欠陥の低減が十分に行われないうばかりでなく、基板表面の面荒れを引き起こす。また、たとえ希ガス自身の純度を上げても、実際の炉の操業上では半導体基板の炉内への挿入時に炉口から空気を巻き込み不純物濃度が増加する場合が一般的であるため、この防止のために炉口にバージボックスもしくはロードロック室を設けた装置を用い、炉内への基板挿入前に炉前の雰囲気の不純物5ppm以下の希ガス、望ましくはアルゴンガス雰囲気にすることが必要である。

【0055】

【実施例】

(実施例1)

図3に示す冷却体22を有する単結晶製造装置を用い、シリコン単結晶の引き上げを行った。ルツボ直径は22インチ、ルツボに挿入するシリコン半導体材料は100kgであり、成長する単結晶Sは8インチ結晶である。

【0056】

冷却体22には材料として銀を用い、冷却体22の内径は260mm、外径は300mm、長さは280mmである。液冷構造体21としては、内部に冷却水配管を有するドーナツ形状の水冷チャンバーとし、中間チャンバー2cの下部に液冷構造体21を取り付ける構成とした。

【0057】

本発明例No. 1においては、冷却体22と液冷構造体21との接合部を爆着接合している。比較例No. 2においては、冷却体22と液冷構造体21との接合部をはんだ付接合としている。比較例No. 3においては、冷却体22と液冷構造体21との接合部をボルト接合としている。

【0058】

以上の構成を有する結晶成長装置を用い、シリコン単結晶の引き上げを行った。同一の引き上げ条件の下において、引き上げ速度を比較すると共に、引き上げた結晶をウェーハ加工し、ウェーハの結晶欠陥をCOP密度によって評価した。

【0059】

なお、COPは、洗浄液($\text{NH}_2\text{OH}/\text{H}_2\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$)を使用してウェーハにSC1洗浄を施し、結晶中の欠陥をビットとして形成させ、パーティクルカウンターで当該ビットをパーティクルとして検出したものである。0.12 μm 以上のものをCOPとしてカウントした。したがって、従来のウェーハ上の異物粒子とは別のものである。

【0060】

結果を表1に示す。引き上げ速度については、比較例No. 3の引き上げ速度を1として比較している。COP個数の単位は個/ウェーハである。本発明例No. 1は、比較例No. 2、No. 3と比較し、引き上げ速度が増大すると共にCOP個数が大幅に減少しており、従来に比較して生産性の向上を実現すると共に結晶品質の大幅な向上を実現することができた。

【0061】

【表1】

	No.	接合方法	引き上げ 速度 (-)	COP個数 ($\geq 0.12\mu\text{m}$) (個/ウェーハ)
本発明例	1	爆着	1.3	10
比較例	2	はんだ付	1.1	18
	3	ボルト接合	1	30

【0062】

(実施例2)

上記実施例1で育成したシリコン半導体結晶を用いてシリコン半導体基板(ミラーウェーハ)を製造し、このシリコン半導体基板を用い、不純物含有量が5ppm以下のアルゴンガス雰囲気中で1100℃の温度で8時間の熱処理を実施した。半導体基板表面のDZ層の健全性を評価する目的で、熱処理後に半導体基板表面を1 μm ミラー研磨し、研磨後の表面についてCOP評価を行った。実施例1と同様のSC1洗浄を行った後、パーティクルカウンターによって検出された0.11 μm 以上のものをCOPとしてカウントした。

【0063】

結果を表2に示す。本発明例No. 1は、比較例No. 2、No. 3と比較し、DZ層内のCOP個数が減少していることが明らかである。このように、本発明の冷却体22と液

冷構造体21との接合部が爆着接合されてなる単結晶製造装置を用いて製造したシリコン半導体単結晶は、アルゴンガス雰囲気での熱処理を行った半導体基板のDZ層健全性を向上する上でも極めて有用である。

【0064】

【表2】

	No.	接合方法	COP個数 ($\geq 0.11 \mu\text{m}$) (個/ウェーハ)
本発明例	1	爆着	40
比較例	2	はんだ付	50
	3	ボルト接合	65

【0065】

【発明の効果】

本発明は、半導体材料をルツボ内で熔融させ、この熔融液中に種結晶を浸漬させてから徐々に引き上げることによって半導体の単結晶を製造する単結晶製造装置であって、成長する単結晶を冷却する冷却体と、冷却体に接合する液冷構造体とを有し、冷却体は高熱伝導材からなる単結晶製造装置において、冷却体と液冷構造体との接合部を爆着接合とすることにより、冷却体と液冷構造体との接合部における伝熱能力を十分に確保することができ、引き上げ速度の上昇による生産性の向上、及び単結晶の冷却速度の上昇による結晶欠陥の低減を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の単結晶製造装置を示す断面図である。

【図2】本発明の単結晶製造装置を示す断面図である。

【図3】本発明の単結晶製造装置を示す断面図である。

【図4】本発明の単結晶製造装置を示す断面図である。

【図5】本発明の単結晶製造装置を示す断面図である。

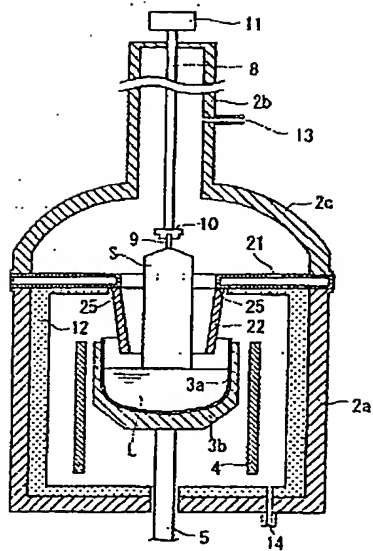
【図6】冷却体と液冷構造体との接合部を爆着接合する様子を示す図であり、(a)(c)は爆着接合直後、(b)(d)は加工後の状況を示す図である。

【符号の説明】

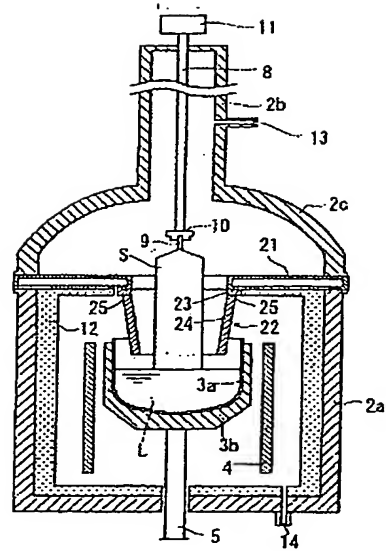
- 2 チャンバ
- 2a 加熱チャンバ
- 2b 引き上げチャンバ
- 2c 中間チャンバ
- 3 ルツボ
- 3a 石英ルツボ
- 3b 黒鉛ルツボ
- 4 加熱ヒータ
- 5 回転軸
- 8 引き上げワイヤ
- 9 種結晶
- 10 チャック
- 11 ワイヤ巻き上げ機
- 12 断熱材
- 13 ガス導入口
- 14 ガス排出口
- 21 液冷構造体
- 21a 液冷構造体材料
- 22 冷却体

- 22a 冷却体材料
 23 環状リム部
 23a 環状リム部材料
 24 レッグ部
 25 爆着接合部
 26 熱遮蔽体
 27 冷却水路
 S 結晶体
 L 溶融液

【図1】

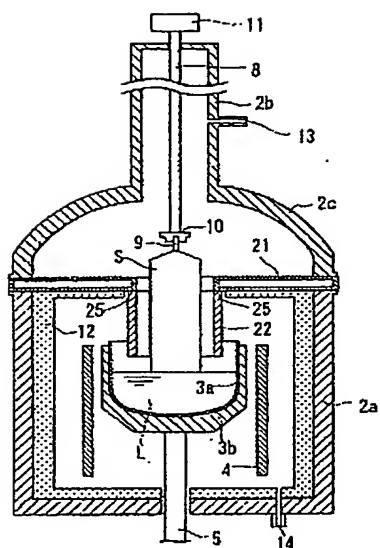


【図2】

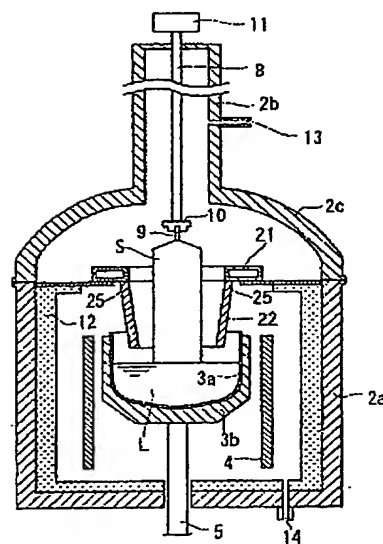


- | | |
|-------------|-------------|
| 2a 加熱チャンバ | 10 チェック |
| 2b 引き上げチャンバ | 11 ワイヤ巻き上げ機 |
| 2c 中間チャンバ | 12 断熱材 |
| 3a 石英ルツボ | 13 ガス導入口 |
| 3b 黒鉛ルツボ | 14 ガス排出口 |
| 4 加熱ヒータ | 21 被冷却媒体 |
| 5 回転軸 | 22 冷却体 |
| 8 引き上げワイヤ | 25 爆着接合部 |
| 9 係結晶 | S 結晶体 |
| | L 溶融液 |

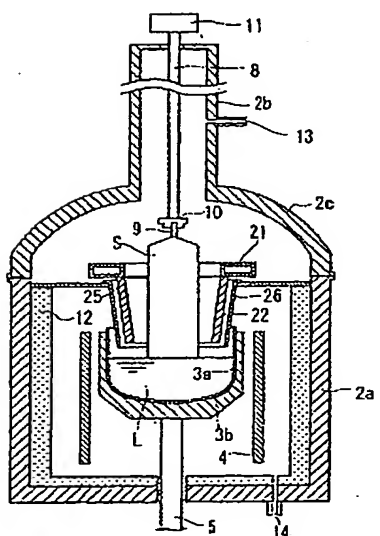
【図3】



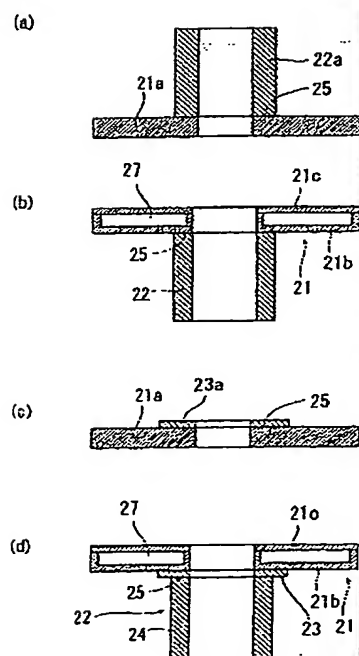
【図4】



【図5】



【図6】



(72)発明者 宮崎 義正

山口県光市大字島田3434 ワッカー・エヌエスシー株式会社内

Fターム(参考) 4G077 AA02 BA04 EG19 EG25